



Повышение детализации трехмерных моделей местности с использованием генеративных состязательных сетей

Авторы работы:

Визильтер Ю.В., Горбацевич В.С.,
Мельниченко М.А.

Докладчик:

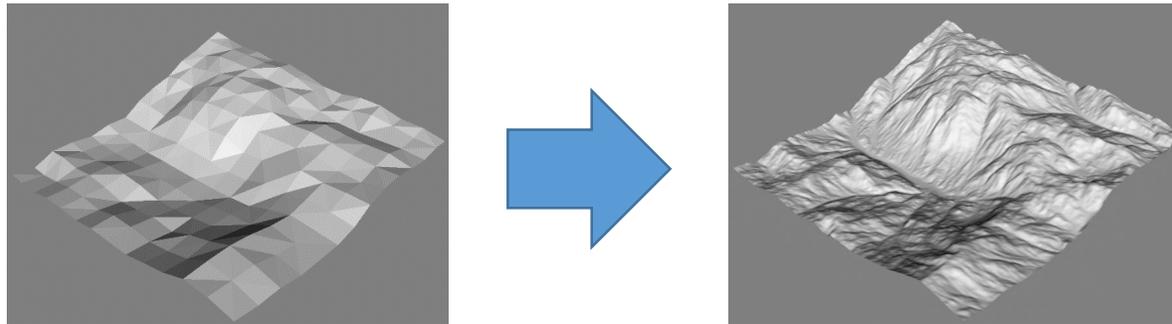
Мельниченко М.А.

19-я Всероссийская конференция с международным участием «Математические методы распознавания образов»

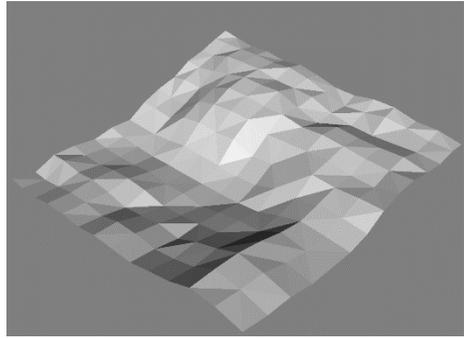
Россия, г. Москва 26-29.11.2019

Актуальность

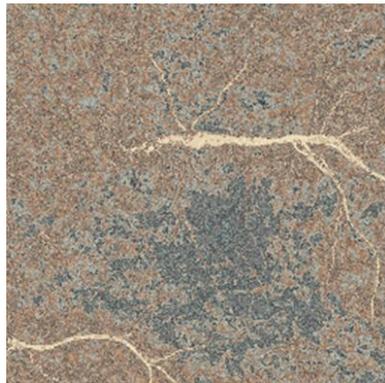
- 3D моделирование широко используется в различных областях:
 - 3D анимация, компьютерные игры, **машинное обучение** и т.п..
- Благодаря большому количеству спутниковых снимков и топографической информации, с разумным уровнем автоматизации, можно легко создать 3D модель низкого качества
- Часто необходимо восстанавливать 3D модель высокого разрешения, например для задачи машинного обучения:
 - **Всё ещё требует много ручной работы.**



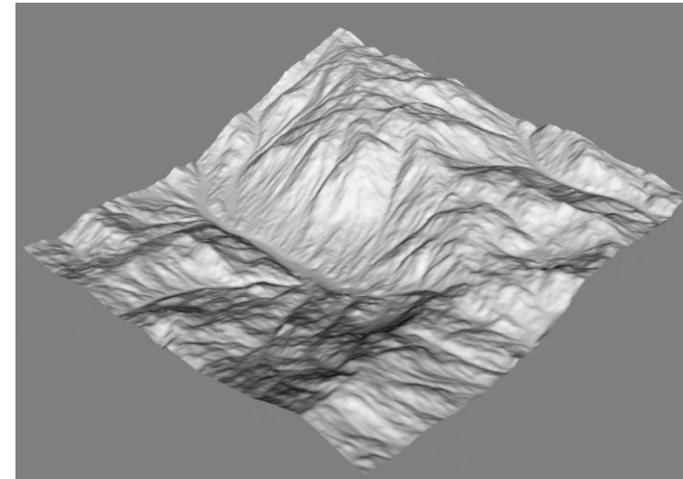
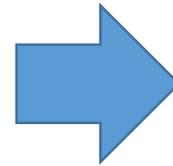
Постановка задачи



3D модель низкого качества



Спутниковое изображение
местности

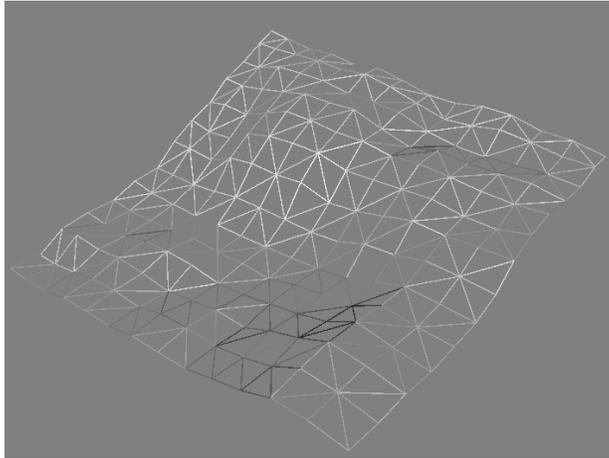


3D модель высокого качества

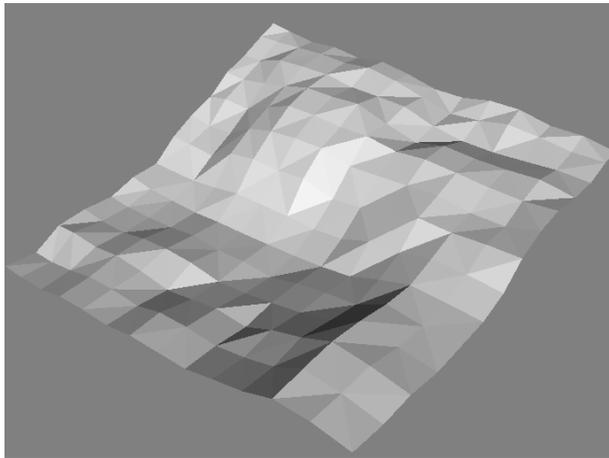
Восстановление 3D модели высокого качества из низкокачественной 3D моделей в автоматическом режиме, на основе спутникового изображения.

Представление трехмерных моделей

В виде набора точек или треугольников



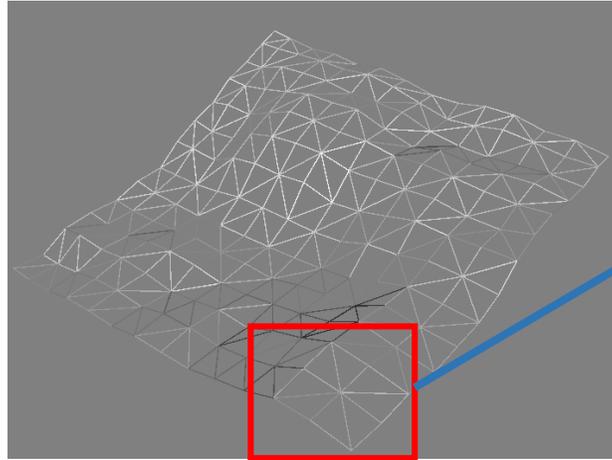
Проволочная модель



Триангуляционная модель

Представление трехмерных моделей

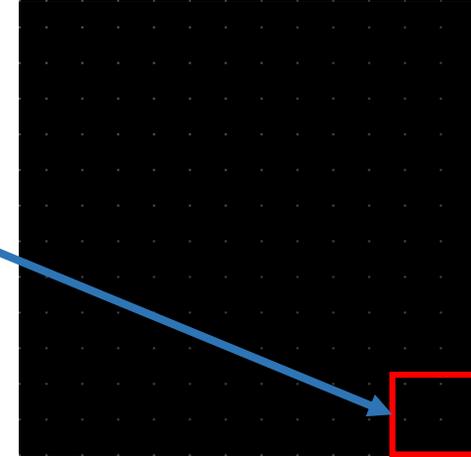
В виде набора точек или треугольников



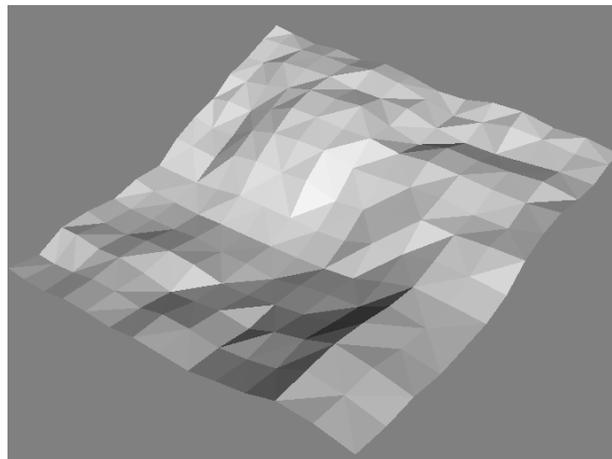
Проволочная модель

50	0	55	0	60
0	0	0	0	0
52	0	70	0	58
0	0	0	0	0
50	0	58	0	54

В виде карты высот



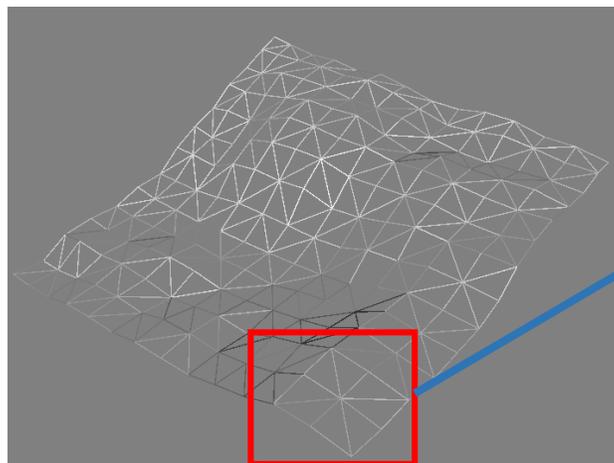
Карта высот проволочной модели



Триангуляционная модель

Представление трехмерных моделей

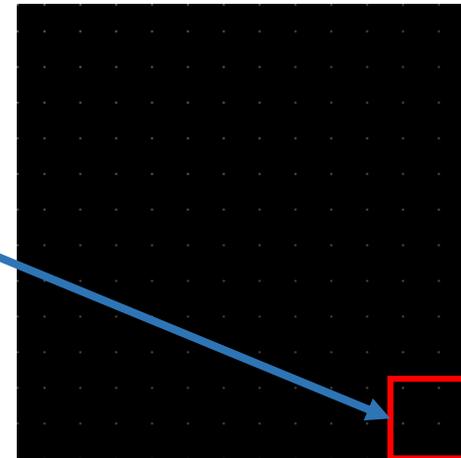
В виде набора точек или треугольников



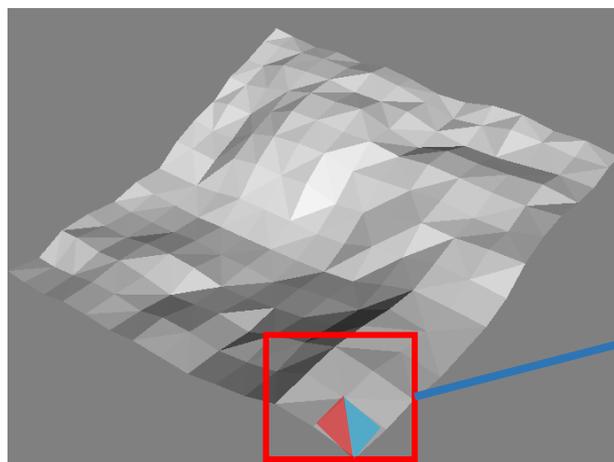
Проволочная модель

50	0	55	0	60
0	0	0	0	0
52	0	70	0	58
0	0	0	0	0
50	0	58	0	54

В виде карты высот

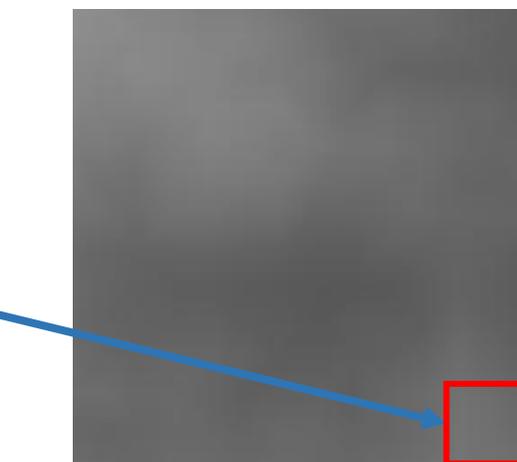


Карта высот проволочной модели



Триангуляционная модель

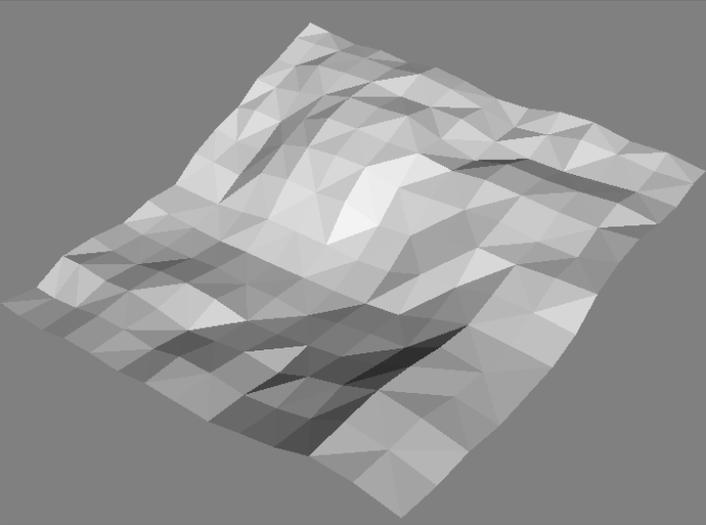
50	54	56	58	60
51	60	63	65	59
52	61	70	64	58
50	60	64	62	56
50	54	58	56	54



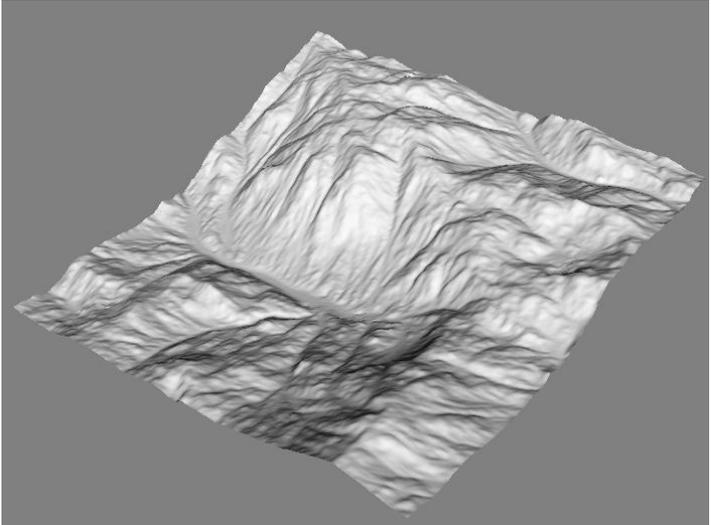
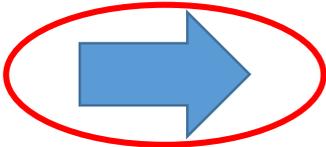
Карта высот триангуляционной модели

Представление трехмерных моделей

3D модель
низкого
качества



Карта высот
триангуляционной
модели



3D модель
высокого
качества

Плотная
карта высот

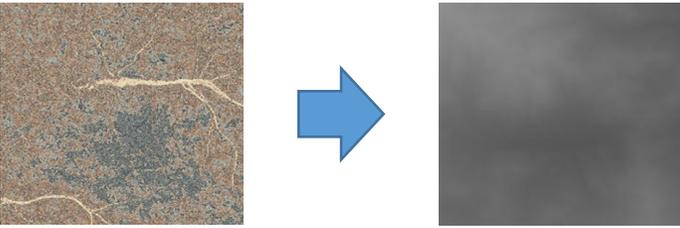


Генеративные состязательные сети

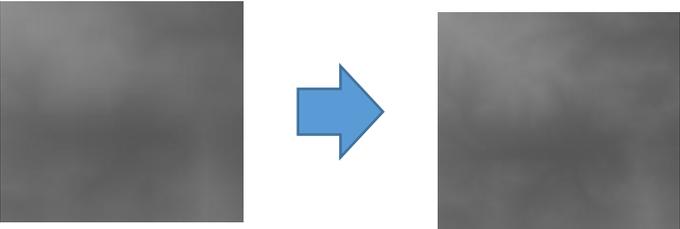


Постановка задачи напоминает:

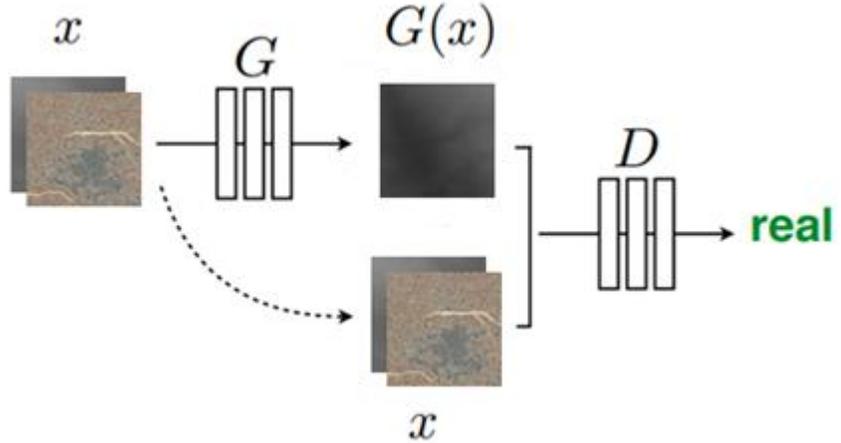
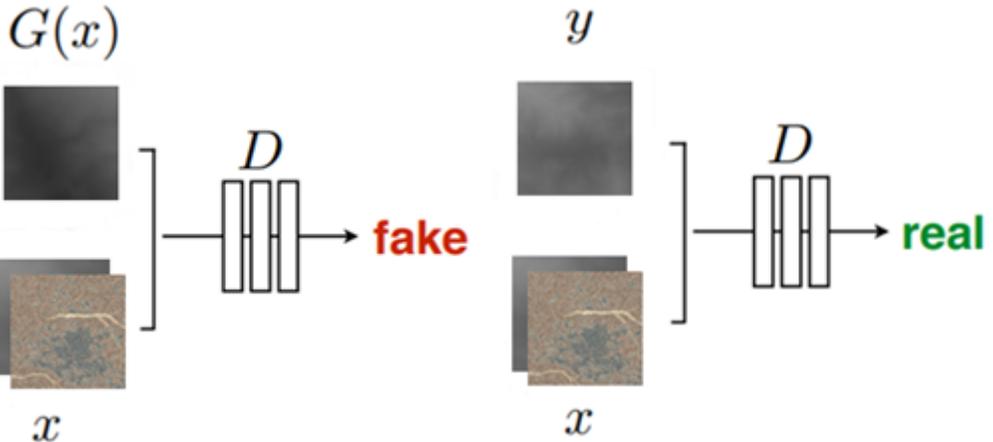
1) Задача преобразования изображения в изображение



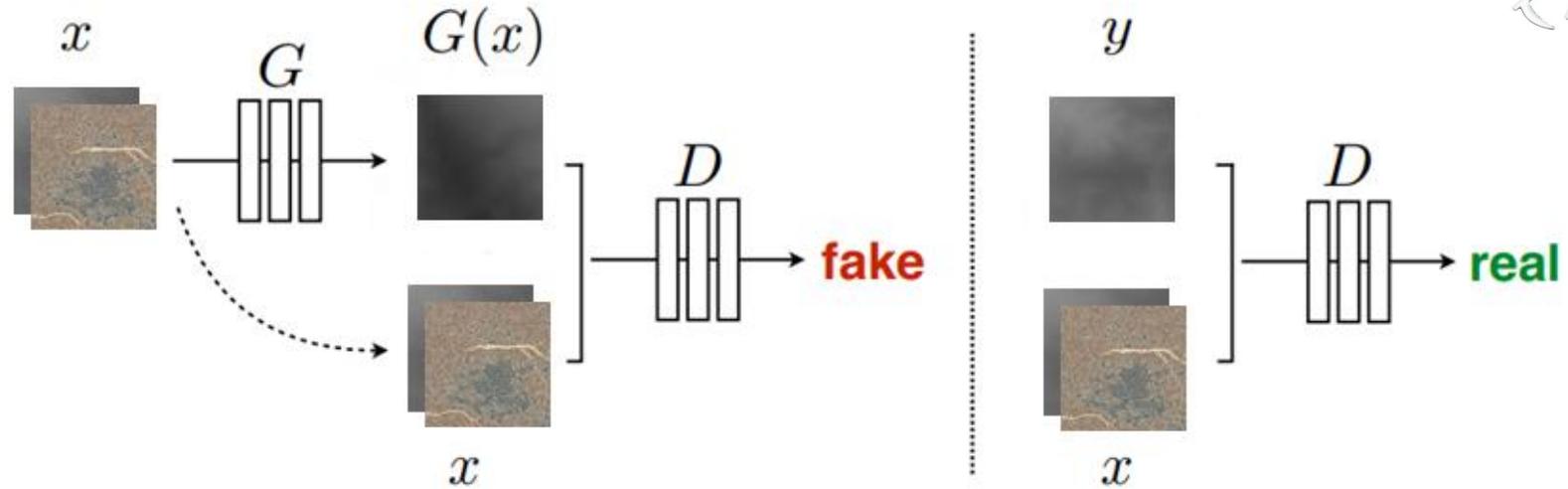
2) Задача суперразрешения



Отдельно решаются генеративными состязательными сетями



Генеративные состязательные сети



Соревновательная ошибка

$$L_{GAN}(G, D) = E_y[\log D(y)] + E_x[\log(1 - D(G(x)))]$$

Общая ошибка генератора

$$G^* = \arg \min_G \max_D L_{GAN}(G, D) + \alpha L_{L1}(G)$$

Ошибка реконструкции

$$L_{L1}(G) = E_{x,y}[\|y - G(x)\|_1]$$

Ошибка дискриминатора

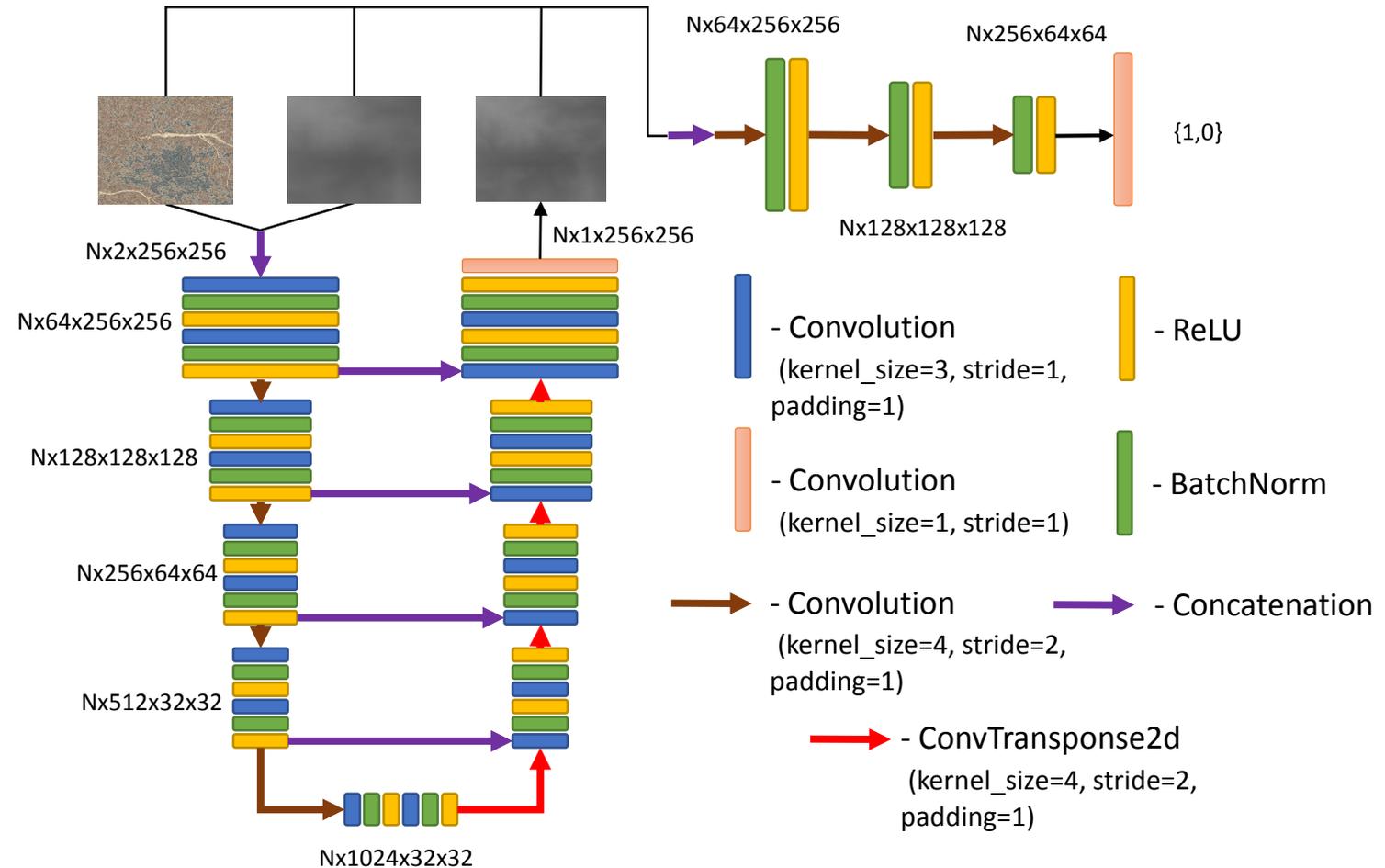
$$D^* = \max_D (E_y[\log D(y)] + E_{G(x)}[\log(1 - D(G(x)))])$$

Архитектура и алгоритм обучения

- В качестве базовой структуры взята Pix2Pix* модель;
- В качестве генератора использовалась U-net-подобная сеть, а в качестве дискриминатора PatchGAN;
- Обучение произведено в среде разработки PyTorch с использованием видеокарты NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti;
- Использовались оригинальные параметры обучения и функции потерь*.

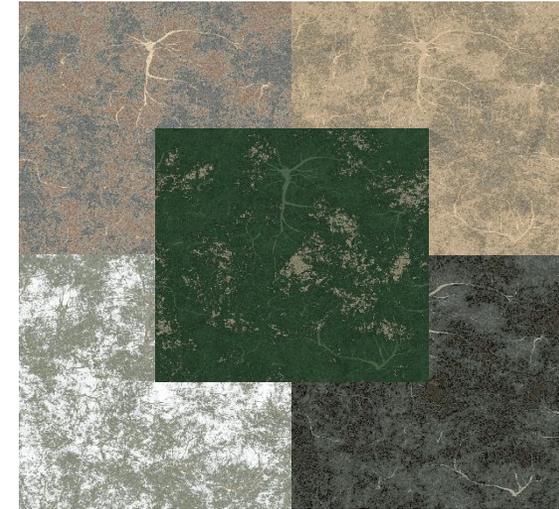
* - Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks.

Phillip Isola, Jun-Yan Zhu, Tinghui Zhou, Alexei A. Efros. In CVPR 2017

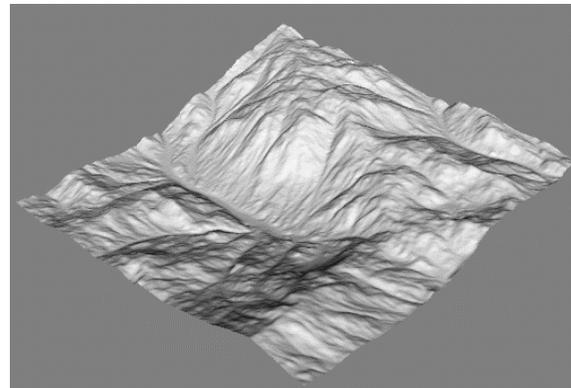
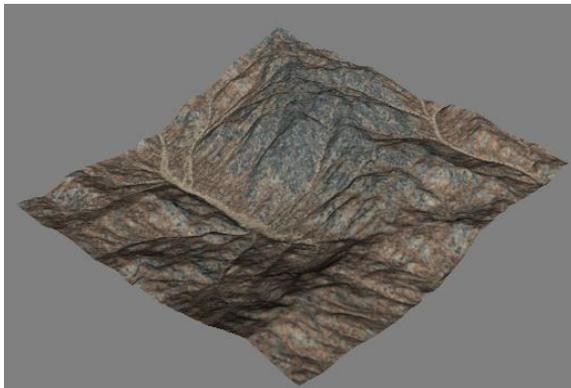


Формирование обучающей выборки

- Создание 3D моделей реализовано в World Mashine;
- Использовалось 5 типов текстур;
- Создано 150.000 пар спутниковых изображений и карт высот размером 256 на 256 пикселей;
- Разрешение на пиксель составляет 15 метров;
- Низкокачественные модели созданы путём триангуляции разреженной сетки, с шагом в 20 экземпляров, что приводит качество 3D ландшафта, к 3D ландшафту Google Earth.



Пример используемых текстур для одного участка местности



Пример созданного ландшафта 3D модель (слева), текстурированная 3D модель (справа)

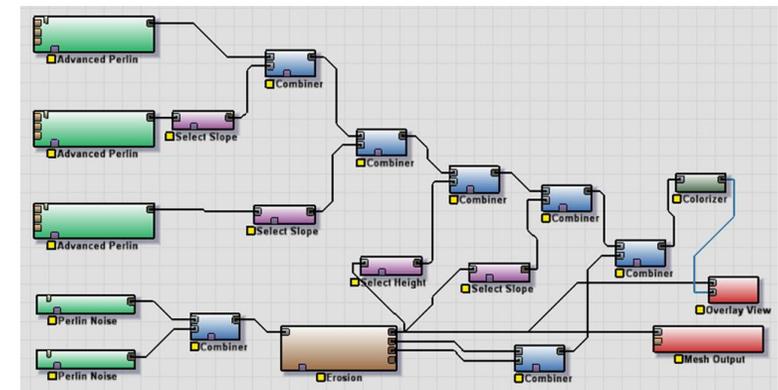


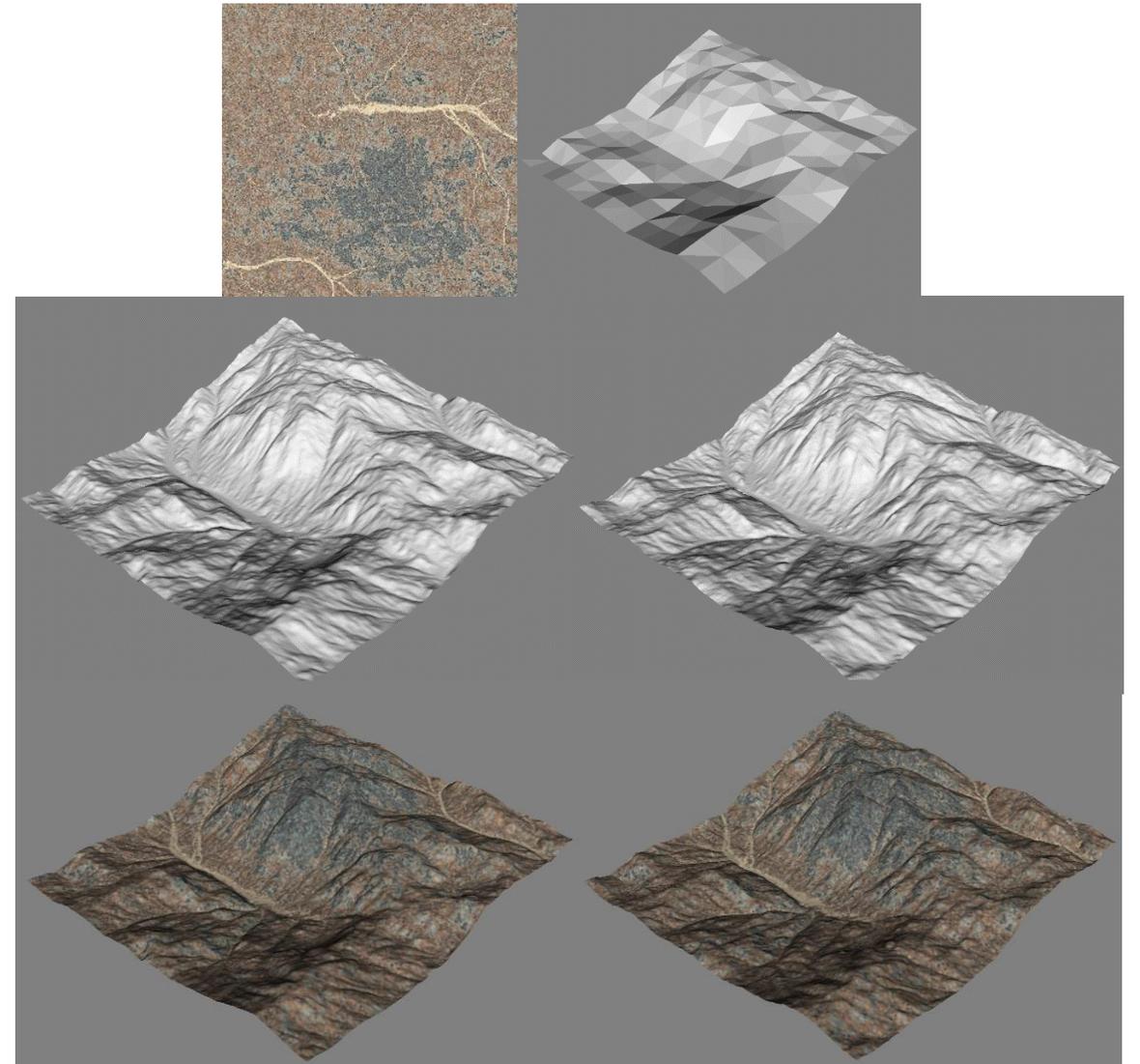
Схема создания ландшафта в World Machine

Результаты работы

- Для проверки мы создали 10.000 синтезированных образцов, по той же методике, что и для обучения;
- Для определения качества восстановления модели мы использовали среднюю относительную погрешность:

$$\delta_x = \frac{1}{N} \sum_i^N \frac{|x_i - x_{i\text{восст.}}|}{x_i}$$

- Точность алгоритма на синтезированных данных составила **0.459%**.

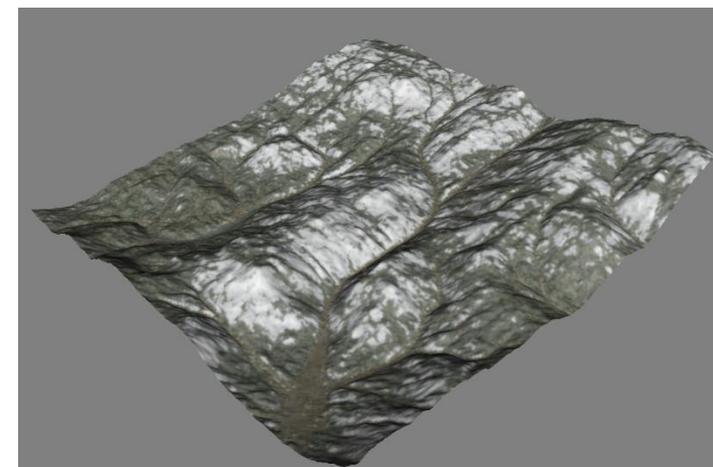
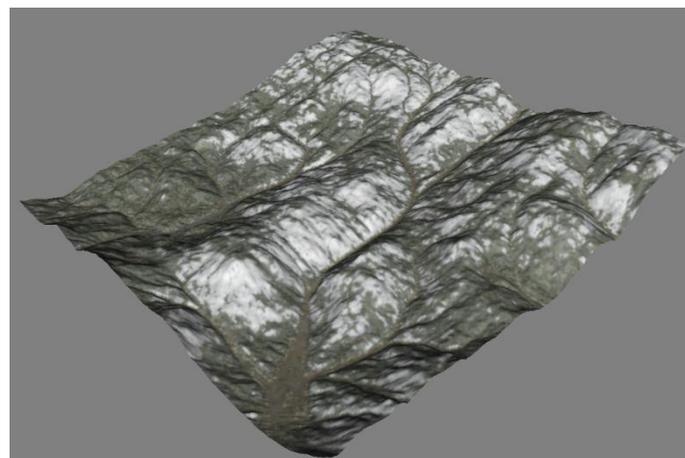
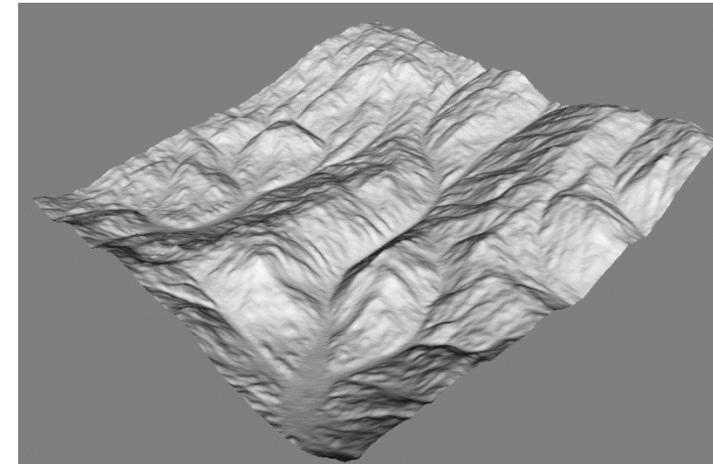
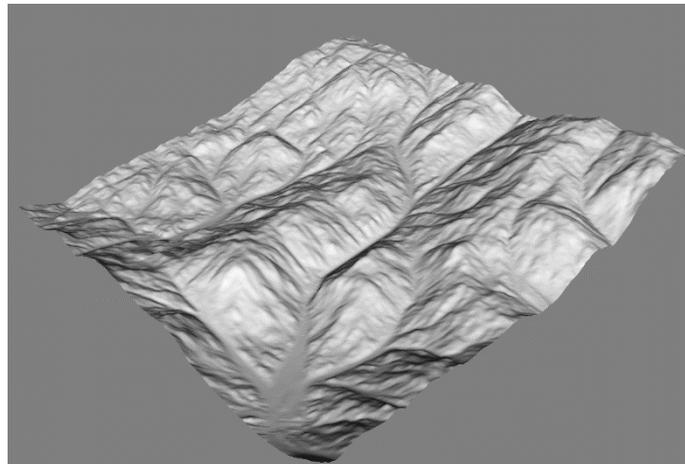
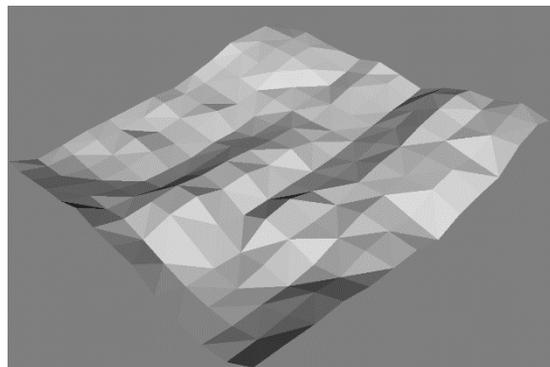


3D модель высокого качества

Восстановленная 3D модель высокого качества

Результаты работы

➤ Примеры из синтезированной тестовой выборки:



Исходные данные

3D модель высокого качества

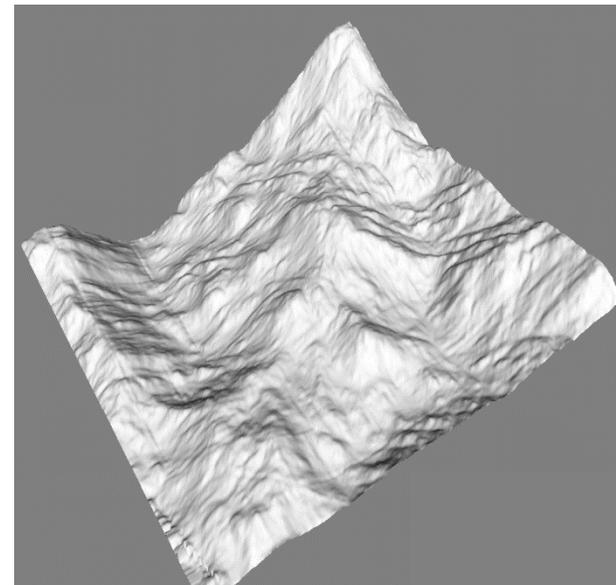
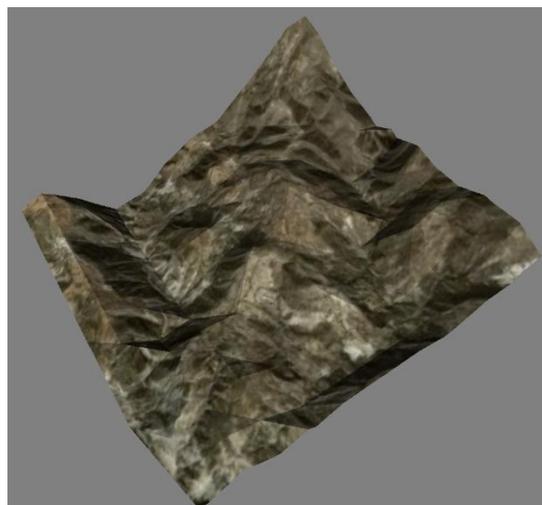
Восстановленная 3D модель высокого качества

Результаты работы

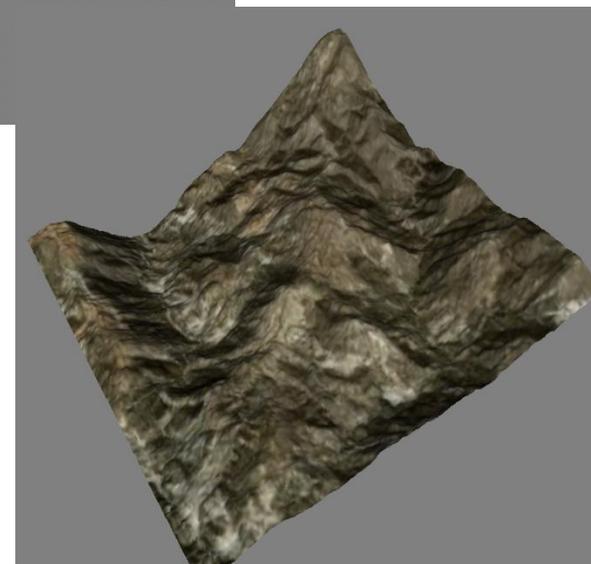
- Примеры восстановления реальных низкокачественных 3D моделей из Google Earth (хороший пример):



Исходные данные



Восстановленная
3D модель

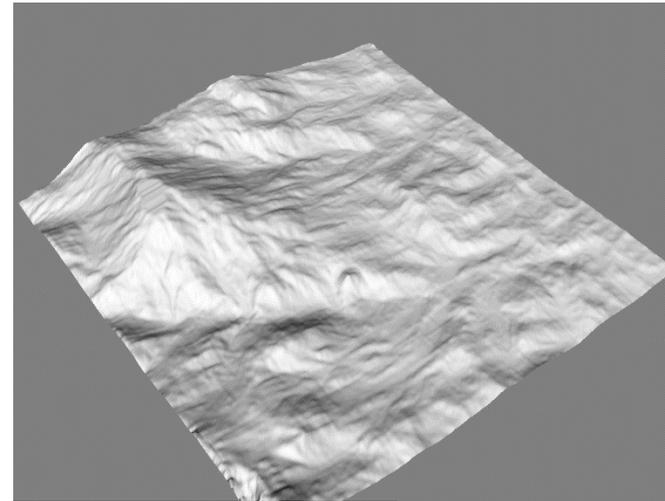
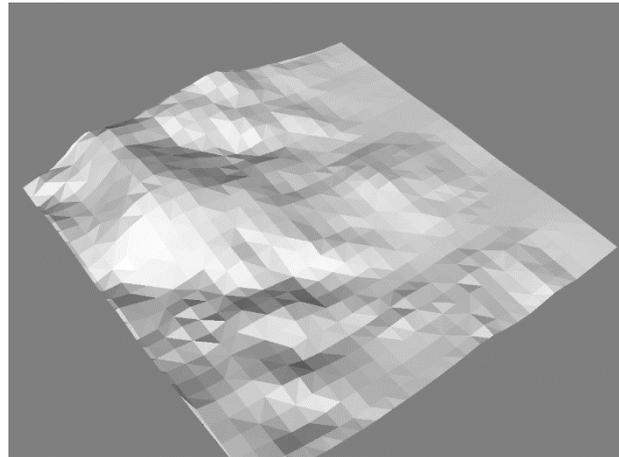


Результаты работы

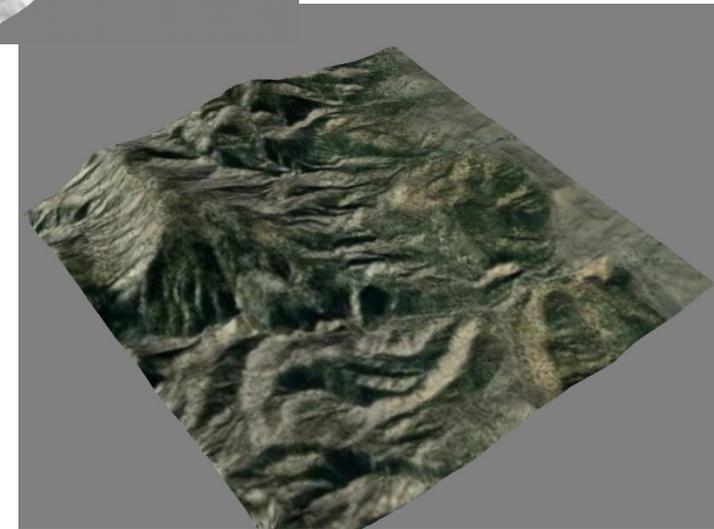
- Примеры восстановления реальных низкокачественных 3D моделей из Google Earth (хороший пример):



Исходные данные

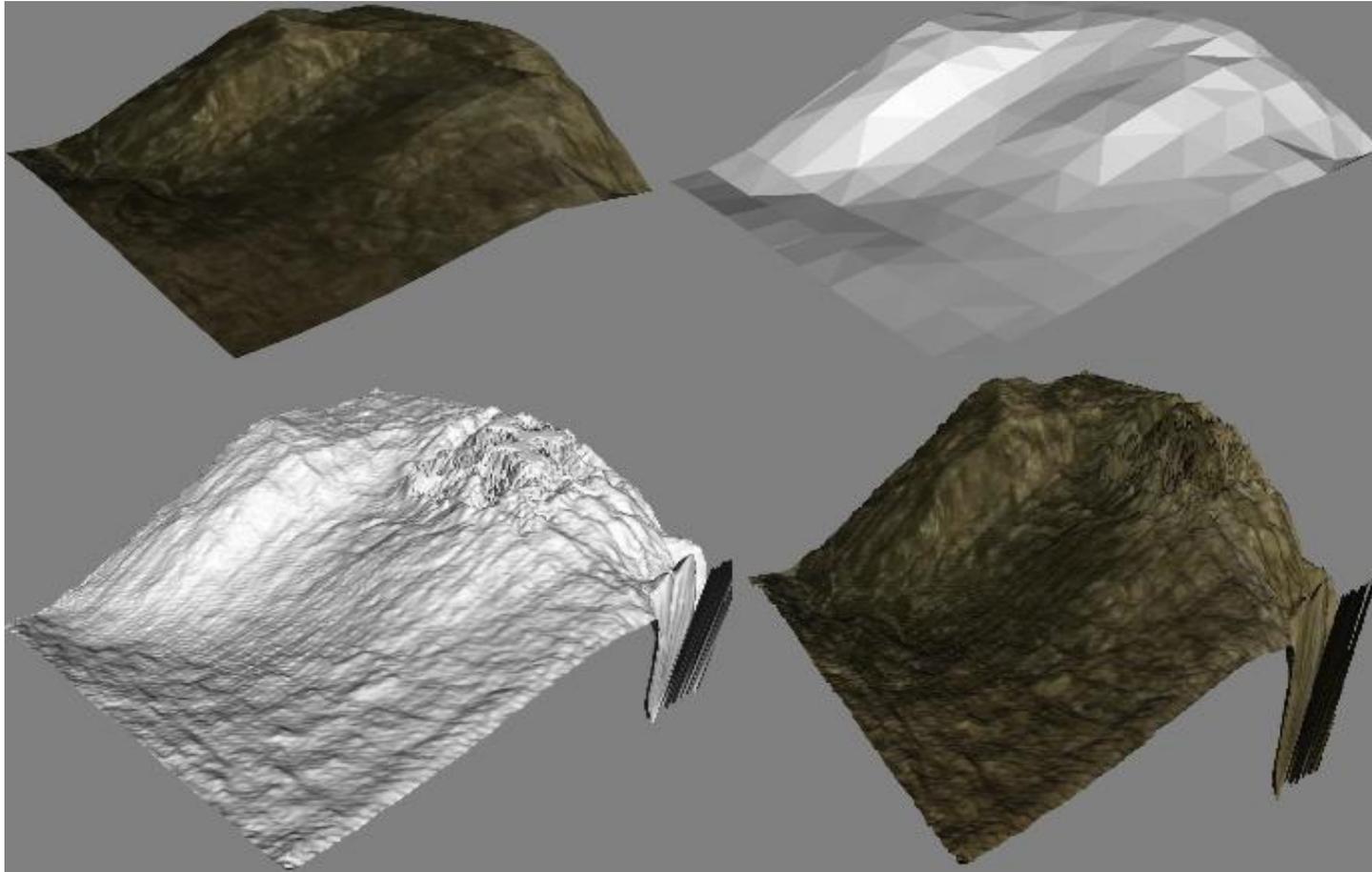


Восстановленная
3D модель



Результаты работы

- Примеры восстановления реальных низкокачественных 3D моделей из Google Earth (плохой пример):



Выводы

- Предложен подход для восстановления в автоматическом режиме высококачественных 3D моделей ландшафта по спутниковому изображению и низкокачественной 3D модели;
- Проведена проверка реконструкции как синтезированных, так и реальных высококачественных 3D ландшафтов;
- Предлагаемый алгоритм может хорошо работать на реальных данных, если они с точки зрения структуры и формы аналогичны тренировочным данным;
- При реалистичном создании 3D ландшафта для обучающей выборки, данный подход может быть использован для реальных ландшафтов.

Спасибо за внимание!